

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 640 701**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **89 15809**

(51) Int Cl⁸ : F 04 D 29/32.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30 novembre 1989.

(30) Priorité : DE, 19 décembre 1988, n° P 38 42 710.9.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 22 juin 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : MTU MOTOREN- UND
TURBINEN-UNION MUNCHEN GMBH. — DE.

(72) Inventeur(s) : Wolfgang Krueger ; Hans-Juergen
Schmuhl.

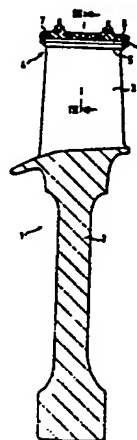
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Herrburger.

(54) Roue mobile de compresseur.

(57) a. Roue mobile de compresseur.

b. Roue caractérisée en ce qu'une bande de recouvrement annulaire est rapportée sur les extrémités des aubes et en ce que chaque extrémité d'aube 4 est logée à coulissement dans un bloc de guidage 6, ces blocs de guidage 6 étant fixés sur la face interne de la bande de recouvrement 7 réalisée de façon à ce qu'elle soit auto-porteuse.



FR 2 640 701 - A1

"Roue mobile de compresseur"

L'invention concerne une roue mobile de compresseur comportant un certain nombre d'aubes réparties sur sa périphérie.

5 Dans les turbo-propulseurs, l'interstice d'étanchéité entre les aubes en rotation et le carter fixe du turbo-propulseur, représente une grandeur dont l'influence est d'une importance considérable pour le rendement du turbo-propulseur. Il est donc important
10 de maintenir cet interstice d'étanchéité à une dimension aussi réduite que possible, ce qui révèle être extrêmement difficile en raison des sollicitations thermiques et centrifuges et des dilatations sur les aubes. Pour minimiser l'interstice d'étanchéité, il
15 est connu de munir les turbines d'une bande externe de recouvrement de façon à empêcher que le flux contourne directement des extrémités des aubes. Toutefois, de telles bandes de recouvrement externes ne peuvent pas être fabriquées en une seule pièce, car les résistan-
20 ces mécaniques des matériaux actuellement disponibles ne sont pas suffisantes pour supporter les contraintes intervenant sur ces bandes. En conséquence, ces bandes de recouvrement sont constituées de plusieurs parties, le nombre de ces parties correspondant au nombre des
25 aubes d'un étage, et ces parties étant conformées sur

les extrémités des aubes.

Une telle construction n'est toutefois pas possible dans le domaine des compresseurs, car le rendement des compresseurs à l'opposé de celui des
5 turbines, dépend, d'une façon tout à fait importante de ce que les aubes doivent être beaucoup plus minces et doivent comporter un bombement plus réduit ainsi que des bords avant et arrière effilés. Il n'est en
10 conséquence pas possible, pour des raisons de résistance mécanique, de façonner ou de rapporter à l'extérieur de la roue des bandes de recouvrement constituées de parties individuelles.

Une bande de recouvrement fermée pose à son tour des problèmes, car en cours de fonctionnement,
15 les dilatations du disque du compresseur des différentes aubes et de la bande de recouvrement, peuvent se gêner réciproquement et les contraintes en résultant deviennent extrêmement importantes sur la liaison bande de recouvrement/aubes dans certaines conditions de
20 fonctionnement. Du fait des contraintes centrifuges venant se superposer, ainsi que des contraintes thermiques qui se produisent pour les températures élevées, jusqu'à 600°C, apparaissant lors du fonctionnement des compresseurs modernes, il est jusqu'à
25 maintenant impossible de réaliser de telles bandes de recouvrement d'une seule pièce.

Le but de la présente invention est de créer une bande de recouvrement d'un seul tenant pour une
roue mobile de compresseur, qui puisse être montée à
30 sans que les contraintes différentes des parties constitutives se gênent réciproquement et de façon que la bande de recouvrement puisse en même temps être centrée sur la roue. Il faut en outre qu'un interstice d'étanchéité aussi réduit que possible puisse être
35 obtenu entre la bande de recouvrement et le carter du

compresseur.

Conformément à l'invention, ce but est atteint en ce qu'une bande de recouvrement annulaire est rapportée sur les extrémités des aubes et en ce
5 que chaque extrémité d'aube est logée à coulissement dans un bloc de guidage, ces blocs de guidage étant fixés sur la face interne de la bande de recouvrement réalisée de façon auto-porteuse.

L'avantage de cette disposition réside en ce
10 que la bande de recouvrement est reliée à la roue du compresseur à la façon d'un centrage radial. Les extensions du disque du compresseur et des aubes, du fait des efforts centrifuges et des températures, se traduisent par un déplacement radial des extrémités
15 des aubes dans leur bloc de guidage. En même temps, la bande de recouvrement réalisée de façon auto-porteuse, n'est pas influencée par ces extensions. Ces extensions du disque du compresseur et des aubes mobiles n'ont ainsi aucune influence sur l'interstice d'étan-
20 chéité entre la bande de recouvrement et le carter du compresseur.

Cet interstice est principalement influencé par la dilatation de la bande de recouvrement et par des dilatations du carter. Grâce à un choix approprié
25 des matériaux, la dilatation de la bande de recouvrement peut être avantageusement maintenue à une valeur réduite et simultanément, la dilatation thermique du carter peut être accordée à celle de la bande de recouvrement, par exemple par refroidissement par le
30 choix des matériaux ou bien par des dispositifs mécaniques de pression. La réduction de l'interstice d'étanchéité est ainsi susceptible d'être accordée exclusivement aux propriétés des matériaux de la bande de recouvrement, tandis qu'il n'y a pas lieu de tenir
35 compte des influences des parties constitutives rota-

tives restantes.

A côté de l'amélioration de l'interstice d'étanchéité, il est en outre avantageux que les vibrations des aubes puissent être notablement réduites (amortissement élevé) et que la résistance vis à vis de l'impact de corps étrangers puisse être notablement augmentée. En outre, l'arrachement de la lame d'aube en fonctionnement peut être empêché. Ainsi, l'angle d'échelonnement des aubes reste avantageusement inchangé sur la totalité du domaine de vitesses.

Selon un complément avantageux de l'invention, les extrémités des aubes sont élargies pour former des surfaces de guidage permettant leur coopération avec les blocs de guidage. De ce fait, les surfaces de guidage peuvent être réalisées et usinées de façon précise. Ces surfaces de guidage sont, en outre, munies d'un revêtement empêchant la corrosion par friction, grâce à quoi le risque de corrosion peut être réduit. Comme revêtement, conviennent notamment des revêtements en carbure de tungstène, en carbure de titane, ou bien en nitrure de titane.

Selon un complément avantageux de l'invention il est prévu, dans les parties intermédiaires entre deux blocs de guidage voisins, des pièces de remplissage qui sont adaptées aérodynamiquement aux contours des aubes et des blocs de guidage. Ces pièces de remplissage, reliées de préférence à la bande de recouvrement par interpénétration des formes, sont réalisées en un matériau de faible densité, grâce à quoi le poids total du dispositif peut être considérablement abaissé sans que l'on ait à s'accommoder d'une réduction de la résistance mécanique. La mousse de titane convient notamment comme matériau pour ces pièces de remplissage, car ce matériau a une faible densité pour une résistance mécanique et une rigidité

élevées à haute température.

Une autre réalisation avantageuse de l'invention prévoit que l'espace creux à l'intérieur de chaque bloc de guidage entre la bande de recouvrement et l'extrémité de l'aube est en communication avec l'espace en aval de la roue de compresseur, par l'intermédiaire d'un ou plusieurs perçages. De cette façon, la souillure du guidage coulissant entre l'extrémité de l'aube et le bloc de guidage est empêchée, car l'air peut pénétrer dans l'espace creux par le perçage à partir de la zone de pression plus élevée située en aval de l'aube du compresseur. Les fuites d'air sur les surfaces coulissantes entraînent ainsi les particules d'impuretés ou bien empêchent une pénétration de ces particules entre ces surfaces.

Une réalisation préférée de l'invention prévoit que le matériau de la bande de recouvrement est un métal renforcé par des fibres, notamment de fibres de carbure de silicium avec une matrice de titane et d'aluminium. De tels matériaux possèdent une résistance mécanique extraordinairement élevée et ils sont, en outre, si résistants à la chaleur qu'ils peuvent être mis en oeuvre pour les températures régnant dans le domaine des compresseurs et allant jusqu'à environ 600°C (pour une matrice en titane). En outre, ces matériaux ont un coefficient d'élasticité très élevé, grâce à quoi les allongements induits par les efforts centrifuges peuvent être réduits à un minimum. L'interstice d'étanchéité peut ainsi être maintenu à peu près constant même pour diverses conditions de fonctionnement, notamment pour diverses vitesses de rotation.

Selon une autre disposition avantageuse, la bande de recouvrement comporte au moins une nervure d'étanchéité s'étendant en direction périphérique, de

sorte que l'interstice d'étanchéité se situe entre cette nervure d'étanchéité et le carter externe du canal d'écoulement. Cette disposition en principe connue, permet un réglage défini de l'interstice

5 d'étanchéité par usinage de petites surfaces. Dans le cas de deux ou plusieurs nervures d'étanchéité de ce type, des phénomènes aérodynamiques tels que des tourbillons ou analogues, contribuent à une réduction de l'écoulement par l'interstice.

10 Normalement, deux nervures d'étanchéité de ce type, doivent être rapportées axialement l'une derrière l'autre sur la bande de recouvrement, car ainsi l'effet d'étanchéité est augmenté par rapport à une nervure d'étanchéité unique. La nervure d'étanchéité

15 et les nervures d'étanchéité est ou sont alors constituées par les matériaux de la matrice, et ceci de façon que grâce à un procédé de fabrication approprié de la bande de recouvrement, on veille à ce que la zone de la nervure d'étanchéité à réaliser reste libre

20 de matériaux fibreux, de sorte que cette zone, lors de la coulée du matériau de la matrice, soit exclusivement remplie avec celui-ci.

Pour obtenir une adhérence suffisante entre les nervures d'étanchéité et la bande de recouvrement,

25 les nervures d'étanchéité sont munies en section transversale d'une large base dans la zone où se terminent les fibres. Ainsi on obtient une liaison suffisante du métal de la matrice entre les fibres, avec le métal de la nervure d'étanchéité. En direction

30 radiale vers l'extérieur, c'est-à-dire en direction de l'interstice d'étanchéité "d", la nervure d'étanchéité se réduit de façon surproportionnelle, ce qui est souhaitable en ce qui concerne les contraintes dues aux efforts centrifuges. De ce fait, la masse de la

35 nervure d'étanchéité est diminuée. Une telle réalisa-

tion présente l'avantage qu'une opération de réparation en rechargeant par soudage la nervure d'étanchéité, peut être effectuée d'une façon simple et économique. En variante, il est également possible de réaliser complètement les nervures d'étanchéité en matériau renforcé par des fibres.

En variante par rapport à la réalisation décrite ci-dessus, les blocs de guidage peuvent être élargis en direction périphérique dans une mesure telle qu'ils viennent bout à bout les uns des autres, et que les pièces de remplissage ne soient plus nécessaires. Une telle réalisation d'une technique de fabrication plus simple, sera alors avantageuse lorsque des métaux renforcés par des fibres et ayant une résistance métallique suffisante, pourront être mis en oeuvre.

Pour la fabrication d'une bande de recouvrement conforme à l'invention, les blocs de guidage sont tout d'abord mis en place sur les extrémités des aubes mobiles. Ensuite, la bande de recouvrement avec les pièces de remplissage est enfilée sur la roue du compresseur. Dans la dernière étape, la roue du compresseur et la bande de recouvrement sont centrées l'une par rapport à l'autre dans un dispositif, les blocs de guidage sont déplacés radialement vers l'extérieur, et dans cette position, ils sont reliés à la bande de recouvrement par liaison des matériaux, notamment par brasage, liaison par diffusion ou par serrage.

Les roues de compresseurs peuvent être réalisées aussi bien selon le mode de construction Blisk (aubes et disque) qu'en type de construction avec des aubes individuelles. Dans cette dernière réalisation, les aubes, comme cela est connu, peuvent être mises en place, soit dans des gorges périphériques, soit dans des gorges individuelles. Dans le cas

du mode de construction avec des gorges individuelles, les blocs de guidage peuvent être déjà reliés avant le montage à la bande de recouvrement par interpénétration de formes, ou bien être déjà des parties constitutives de la bande de recouvrement. Lors du montage, les aubes mobiles sont alors, tout d'abord, mises en place dans les blocs de guidage de la bande de recouvrement. Ensuite, le jeu d'aubes complet est introduit dans les gorges des disques du compresseur.

Un autre avantage de l'invention, en combinaison avec des ailettes de ventilateur, réside en ce que les pertes aérodynamiques peuvent être réduites du fait que les renflements gênants sont supprimés.

L'invention va être exposée plus en détail ci-après à l'aide des dessins ci-joints.

- la figure 1 est une coupe longitudinale d'une roue de compresseur d'un seul tenant,

- la figure 2 est un extrait à plus grande échelle de la figure 1,

- la figure 3 est une coupe transversale schématique de la bande de recouvrement selon la ligne III-III de la figure 1,

- la figure 4 est une vue intérieure schématique dans le sens radial de la bande de recouvrement,

- la figure 5a est une vue schématique d'un bloc de guidage,

- la figure 5b est une vue schématique d'une variante d'un bloc de guidage.

Sur la coupe longitudinale de la roue de compresseur 1, représentée sur la figure 1, on peut voir un disque de roue 2 sur la périphérie externe duquel sont rapportées des aubes de compresseur 3 uniformément réparties. L'aube 3 représentée, comporte une extrémité d'aube 4 qui est légèrement élargie pour permettre la formation d'une surface de guidage péri-

phérique 5. Cette surface de guidage 5 est disposée à glissement dans un ajour 16, réalisé d'une façon adaptée dans un bloc de guidage 6. Ce bloc de guidage 6 est fixé à la bande de recouvrement annulaire 7. Il subsiste alors entre l'extrémité 4 de l'aube et la bande de recouvrement 7, un espace creux 8 dont l'importance dépend de l'état de fonctionnement.

Sur la figure 2, la zone de l'extrémité 4 de l'aube est représentée à plus grande échelle. A côté des éléments déjà représentés précédemment, on peut voir que le bloc de guidage 6, au voisinage du bord arrière 9 de l'aube, comporte un perçage 10 au moyen duquel l'espace creux 8 communique avec l'externe 11 en aval de l'aube 3.

La bande de recouvrement 7 est munie, sur sa périphérie externe, de deux nervures d'étanchéité périphériques 12, 13, qui en coopération avec le carter externe 14 du canal d'écoulement, définissent des interstices d'étanchéité "d".

Les nervures d'étanchéité 12 et 13 sont réalisées sans fibres, c'est-à-dire qu'elles sont uniquement constituées par les matériaux de la matrice. Dans ce cas, les nervures d'étanchéité 12, 13 ne sont pas des parties constitutives séparées, mais elles sont réalisées conjointement avec la bande de recouvrement 7, le matériau fibreux se terminant en direction radiale vers l'extérieur, au voisinage des lignes 17. Les nervures d'étanchéité 12, 13 constituent ainsi avec la bande de recouvrement 7, une partie constitutive réalisée d'un seul tenant.

Sur la figure 3 est représentée une coupe transversale selon la ligne III-III de la figure 1 de l'anneau d'étanchéité 7. Il est représenté schématiquement sur cette figure plusieurs aubes 3 qui sont logées de façon à pouvoir coulisser dans les blocs de

guidage 6. Dans les espaces intermédiaires entre les différents blocs de guidage 6, il est prévu des pièces de remplissage 15 qui sont reliées à la bande de recouvrement 7. Ces pièces de remplissage 15 sont en outre conformées de façon qu'elles soient adaptées aérodynamiquement à la forme des blocs de guidage 6 ou bien de la bande de recouvrement 7, et qu'ainsi elles n'opposent qu'une résistance aussi réduite que possible à l'écoulement.

La figure 4 est une vue de la bande de recouvrement 7 dans le sens radial à partir de l'intérieur, sur laquelle on remarque les ajours 16, adaptés aux contours des aubes réalisés dans les blocs de guidage 6. On peut voir, en outre, sur cette figure, les pièces de remplissage 15 disposées dans les espaces formés entre les différents blocs de guidage 6.

Les figures 5a et 5b montrent deux variantes de réalisation des ajours 16. La réalisation de la figure 5a comporte un ajour 16a qui est adapté de façon à peu près précise au contour d'une aube 3 du compresseur. La figure 5b montre, par contre, la réalisation d'un ajour 16b revêtant à peu près la forme d'une boutonnière, qui est plus simple à fabriquer, et donc plus économique, que l'ajour 16a selon la figure 5a. Dans cette seconde réalisation, les extrémités 4 des aubes (figure 1) doivent être conformées de façon correspondante, c'est-à-dire que leurs surfaces de guidage 5 doivent être adaptées aux contours des ajours 16b.

30

35

REVENDEICATIONS

1.- Roue mobile de compresseur comportant un certain nombre d'aubes réparties sur sa périphérie, roue caractérisée en ce qu'une bande de recouvrement annulaire est rapportée sur les extrémités des aubes et en ce que chaque extrémité d'aube (4) est logée à coulisement dans un bloc de guidage (6), ces blocs de guidage (6) étant fixés sur la face interne de la bande de recouvrement (7) réalisée de façon à ce qu'elle soit auto-porteuse.

2.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que les extrémités des aubes (4) sont élargies afin de former des surfaces de guidage (5) coopérant avec les blocs de guidage (6).

3.- Roue selon la revendication 2, caractérisée en ce que les surfaces de guidage (5) des extrémités (4) des aubes sont garnies d'un revêtement empêchant la corrosion par frottement.

4.- Roue selon la revendication 3, caractérisée en ce que le revêtement est réalisé avec du carbure de tungstène, du carbure du titane ou bien du nitrure de titane.

5.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que les extrémités (4) des aubes pénètrent à l'intérieur des blocs de guidage (6) dans une mesure telle que dans toutes les conditions de fonctionnement, un espace creux (8) subsiste entre la bande de recouvrement (7) et les extrémités (4) des aubes.

6.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que entre les blocs de guidage (6) voisins, il est prévu des pièces de remplissage (15) adaptées aérodynamiquement aux contours des aubes et des blocs de guidage.

7.- Roue selon la revendication 6, caractérisée en ce que le matériau des pièces de remplissage

(15) a une faible densité.

8.- Roue selon la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau des pièces de remplissage (15) est de la mousse de titane.

5 9.- Roue selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'espace creux (8) à l'intérieur de chaque bloc de guidage (6) est relié par l'intermédiaire d'au moins un perçage (10) avec l'espace (11) situé en aval de la roue (1).

10 10.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que le matériau de la bande de recouvrement (7) est un métal renforcé par des fibres.

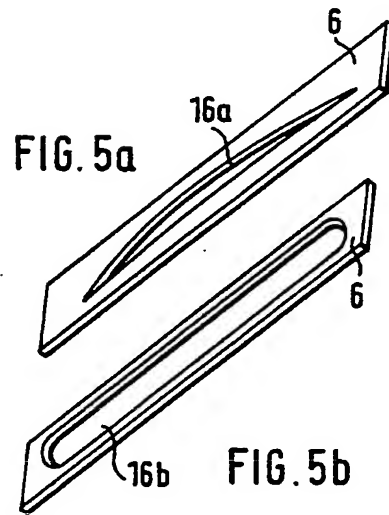
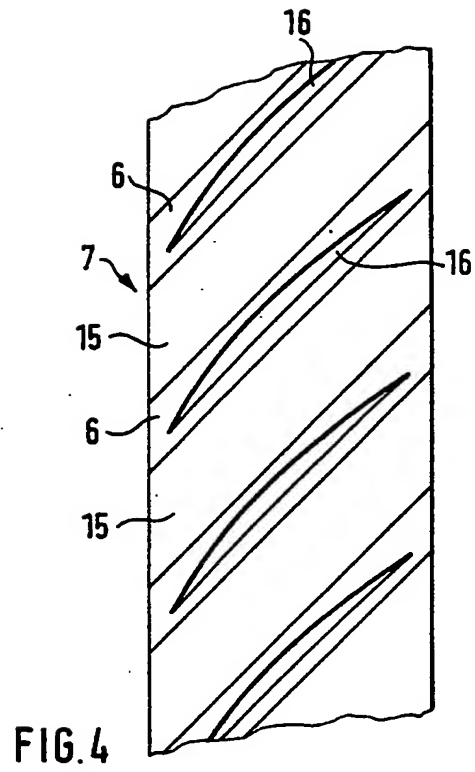
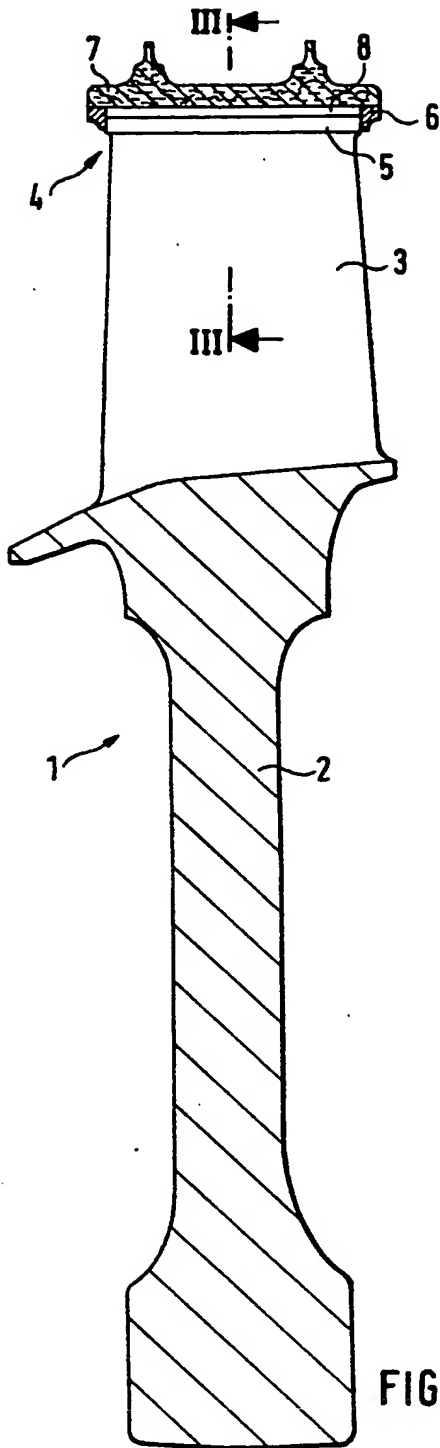
15 11.- Roue selon la revendication 10, caractérisée en ce que le matériau de la bande de recouvrement (7) est constitué par des fibres de carbure de silicium avec une matrice de titane et/ou d'aluminium.

12.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que le matériau des blocs de guidage (6) est un alliage à base de titane ou d'aluminium.

20 13.- Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce que la bande de recouvrement (7) comporte au moins une nervure d'étanchéité (12) s'étendant en direction périphérique, de sorte que l'interstice d'étanchéité "d" se trouve entre la nervure d'étanchéité (12) et le carter externe (14) du canal d'écoulement.

25 14.- Roue selon la revendication 13, caractérisée en ce que la nervure d'étanchéité ou les nervures d'étanchéité (12) sont constituées par le matériau de la matrice.

30 15.- Roue selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce que la nervure d'étanchéité ou les nervures d'étanchéité se rétrécissent fortement de façon surproportionnelle en direction de l'interstice d'étanchéité "d" à partir d'une large base dans la zone où se terminent les fibres.



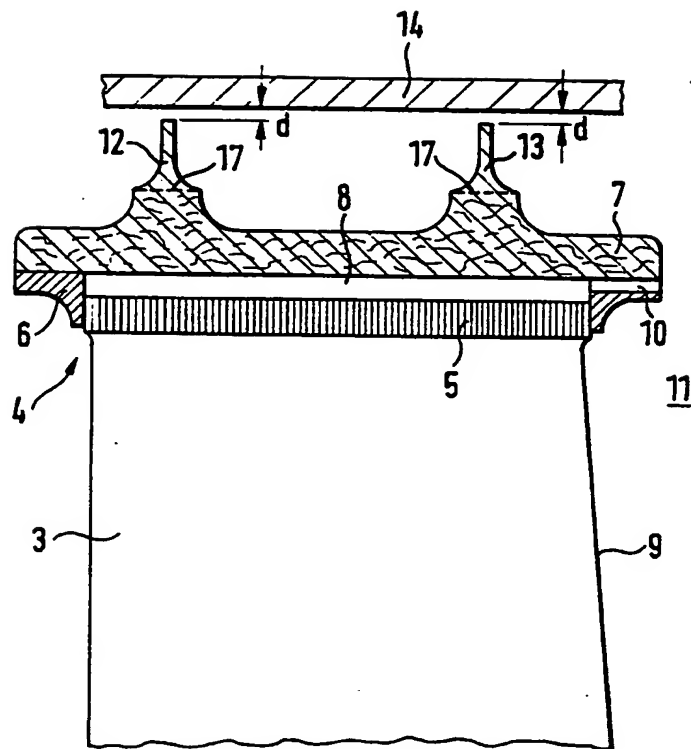


FIG. 2

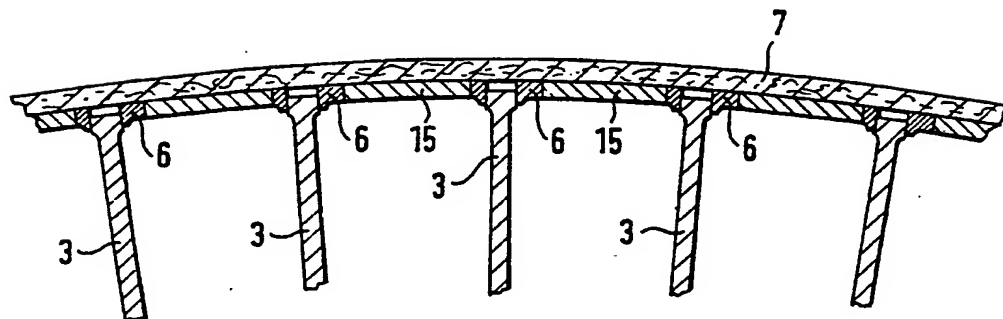


FIG. 3